

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПРОДОЛЬНЫХ БОРТОВ  
ПЛИТЫ БАЛЛАСТНОГО КОРЫТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ**

С. В. Ефимов

Научный руководитель: профессор, д.т.н. С.А. Бокарев  
Сибирский государственный университет путей сообщения,  
Россия, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, 630049  
E-mail: [esv@sgups.net](mailto:esv@sgups.net)

**THE EXPERIMENTAL GROUNDING OF THE METHOD CALCULATION OF LONGITUDINAL  
BOARDS OF PLATE BALLAST TROUGH REINFORCED CONCRETE SUPERSTRUCTURES**

S. V. Efimov

Scientific Supervisor: Prof., Dr. S.A. Bokarev  
Siberian state university of railway engineering, Russia, Novosibirsk, D. Kovalchuk str., 191, 630049  
E-mail: [esv@sgups.net](mailto:esv@sgups.net)

***Abstract:** This paper presents the results of laboratory tests the longitudinal boards of plate ballast trough on the action of the vertical load. The comparison of the experimental data with the calculated for the current method, the proposed VNIIZhT. The conclusion about the need to correct the calculation method of the longitudinal board.*

**Введение.** На сегодняшний день на сети железных дорог ОАО «РЖД» эксплуатируют более сорока трех тысяч железобетонных пролетных строений с ездой на балласте. Эти пролетные строения запроектированы по разным нормам и под различные нагрузки - начиная с конца XIX века и по настоящее время [1-3]. Возможность пропуска по ним временной подвижной нагрузки осуществляют в соответствии с требованиями Руководства по определению грузоподъемности железобетонных пролетных строений железнодорожных мостов [4]. Однако в нем отсутствует расчет по прочности продольного борта плиты балластного корыта, хотя, как показала практика эксплуатации, неоднократно происходило их обрушение. При проектировании размеры и армирование бортов всегда назначали из конструктивных соображений. В 70-х годах прошлого века ВНИИЖТом была предложена методика расчета продольного борта [5], в которой для определения давления балласта на продольный борт использованы методы механики грунтов сплошной среды. Нам не удалось найти экспериментального подтверждения того, что методика ВНИИЖТа отражает фактическую работу продольного борта с допустимой погрешностью.

Цель исследований - уточнение методики расчета продольных бортов балластного корыта, в том числе с наращенной частью, на основе экспериментальных данных. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- выбор конструкции опытных образцов;
- разработка программы испытаний;
- сравнение экспериментальных данных с результатами, полученными по методике ВНИИЖТа;
- корректировка и обоснование методики расчета продольного борта.

**Экспериментальная часть.** В 2015 году в лаборатории «Мосты» СГУПС были проведены лабораторные испытания железобетонных образцов, выполненных в натуральную величину. Опытные образцы изготовили по арматурным и опалубочным чертежам наиболее распространенных типовых и типичных проектов железобетонных пролетных строений, эксплуатируемых на сети железных дорог ОАО «РЖД» [3, 6]. Железобетонные образцы представляли собой фрагмент плиты балластного корыта полной шириной 4,18 м и длиной 1,75 м с продольными бортами различной конфигураций с каждой стороны. Опытные образцы были разделены на четыре группы (1, 2, 3.1, 3.2) и соответствовали разным типовым проектам. Каждая группа образцов имела размеры и армирование, взятые из соответствующего типового проекта [3, 6]. На рисунке 1 приведены поперечные сечения опытных образцов.

Варьируемыми параметрами при исследовании были: конструкция продольного борта балластного корыта и его наращенной части, высота наращенной части продольного борта, толщина балластного слоя и эксцентриситет пути. Образец устанавливали под силовой стенд, расположенный в здании Научно-инженерного дорожного центра СГУПС. Фотография образца под силовым стендом и нагружающего устройства приведена на рисунке 1. Для передачи нагрузки от силового цилиндра на образец использовали систему траверс, состоящую из двутавров и опирающуюся на рельсы через изготовленные по индивидуальному заказу опорные части. Согласно СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы», величина временной вертикальной нагрузки отдаленной перспективы С14 равна 35 тс на ось. С учетом динамической составляющей, максимальное значение прикладываемой на образец статической нагрузки составило 50 тс. В статье [6] приведено более детальное описание процесса проведения эксперимента.

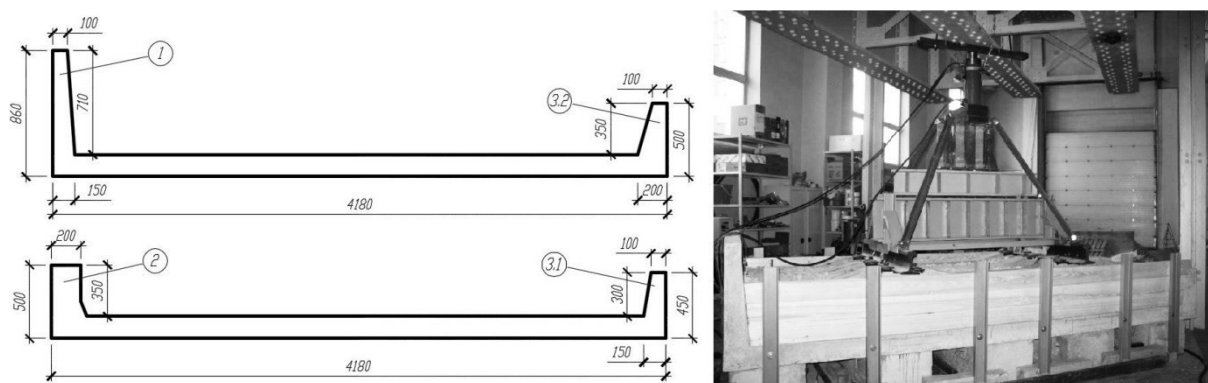


Рис. 1. Поперечные сечения опытных образцов и фотография образца под силовым стендом

Нагружение образцов осуществляли при толщине слоя балласта под шпалой равной от 25 до 75 см с шагом 10 см. При каждой толщине балласта сдвигали рельсошпальную решетку, таким образом, чтобы расстояние от торца шпалы до борта изменялось от 40 до 80 см также с шагом 10 см.

**Результаты.** Экспериментальные данные представлены в виде графиков. На рисунке 2 приведены графики, отражающие зависимость экспериментальных и расчетных изгибающих моментов в корневом сечении бортов от толщины слоя балласта под шпалой.

Из графиков видно, что фактические изгибающие моменты в корневом сечении продольных бортов имеют хорошую сходимость при толщине балласта под шпалой 25-35 см и меньше расчетных (коричневый график) в 2-6 раз при толщине 45-75 см. Методика расчета продольного борта ВНИИЖТа, основанная на допущениях механики грунтов сплошной среды [5], не совсем корректно отражает

передачу нагрузки на продольный борт через балласт и не рекомендуется к использованию для его расчета без существенной корректировки. Мы предлагаем использовать принципы механики зернистых сред [7]. На рис.2 также представлен расчетный график зависимости момента от толщины слоя балласта под шпалой полученный по формулам механики зернистых сред (синим цветом) [7]. Следовательно, можно сделать вывод, что методика расчета продольного борта, основанная на механики зернистых сред, имеет хорошую сходимость с экспериментом и более корректно отражает передачу нагрузки через балласт на борт по сравнению с методикой, основанной на механики сплошной среды.

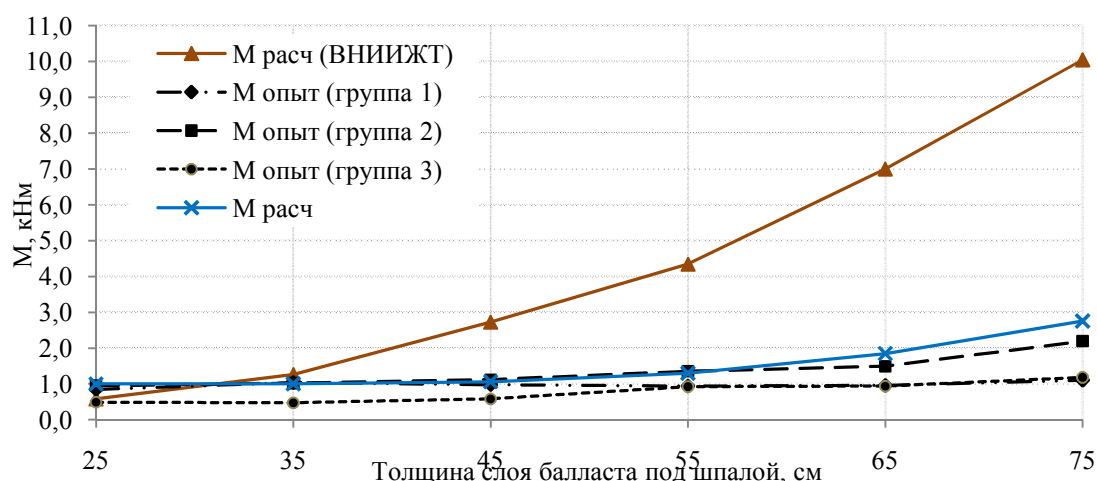


Рис. 2. Графики зависимости изгибающего момента в корневом сечении бортов от толщины балласта под шпалой при расстоянии от торца шпалы до борта равном 60 см

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бокарев С.А., Прибытков С.С., Яшнов А.Н. Содержание искусственных сооружений с использованием информационных технологий. – М.: УМЦ, 2008. – 195 с.
2. Власов Г.М. Железобетонные мосты. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2013. – 278 с.
3. Бокарев, С.А., Ефимов, С.В. О нормировании высоты продольного борта железобетонных пролетных строений с ездой на балласте // Вестник СГУПС.- 2016. -№2. С. 10-19.
4. Руководство по определению грузоподъемности железобетонных пролетных строений железнодорожных мостов. - М.: Транспорт, 1989.
5. Содержание и реконструкция мостов. Под редакцией В.О. Осипова. – М.: Транспорт, 1986. – 327 с.
6. Бокарев, С.А., Ефимов, С.В., Служаев А.И. Лабораторные исследования продольного борта плиты балластного корыта железобетонных пролетных строений с ездой на балласте // Научные труды Общества железобетонщиков Сибири и Урала. – Новосибирск, 2016. – С. 26-32.
7. Кандауров И.И. Механика зернистых сред и её применение в строительстве. – Л., Стройиздат, Ленингр. отделение, 1966. – 320 с.